

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-265901

(P2005-265901A)

(43) 公開日 平成17年9月29日(2005.9.29)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
<b>G02F 1/09</b>	G02F 1/09 505	2H038
<b>G02B 6/00</b>	G02B 6/00 311	2H079

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2004-74024 (P2004-74024)	(71) 出願人	000003067 TDK株式会社 東京都中央区日本橋1丁目13番1号
(22) 出願日	平成16年3月16日 (2004.3.16)	(74) 代理人	100101214 弁理士 森岡 正樹
		(72) 発明者	岩塚 信治 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内
		Fターム(参考)	2H038 BA27 2H079 AA03 BA01 BA02 DA12 KA05 KA17 KA19

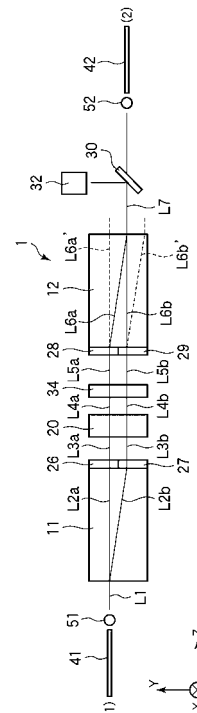
(54) 【発明の名称】 光部品

(57) 【要約】

【課題】本発明は、モニタ機能付き可変光減衰器及び可変減衰器付き受光モジュール等の光部品に関し、光を可変に減衰させる可変光減衰機能と光量をモニタするモニタ機能とを共に有する光部品を提供することを目的とする。

【解決手段】光L1を光L2a、L2bに分離して異なる光路上に出射する複屈折結晶板11と、光の偏光方位を回転させ、偏光方位の一致した光L3a、L3bとして出射する1/2波長板26、27と、光の偏光方位を可変に回転させて光L4a、L4bとして出射するファラデー回転子20と、所定の偏光成分を吸収し、光L5a、L5bとして出射する偏光ガラス34と、光の偏光方位を回転させ、偏光方位の直交する光L6a、L6bとして出射する1/2波長板28、29と、光を合波して光L7として出射する複屈折結晶板12と、光L7の一部を受光する受光素子32とを有するように構成する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

外部から入射した光を互いに偏光方位のほぼ直交する第 1 及び第 2 の光に分離して互いに異なる光路上に出射する偏光分離素子と、

前記第 1 及び第 2 の光のうち少なくとも一方の偏光方位を回転させ、互いに偏光方位のほぼ一致した第 3 及び第 4 の光としてそれぞれ出射する第 1 の偏光回転部と、

前記第 3 及び第 4 の光の偏光状態を可変に変換して第 5 及び第 6 の光としてそれぞれ出射する可変偏光素子と、

前記第 5 及び第 6 の光のうち所定の偏光成分をそれぞれ吸収し、第 7 及び第 8 の光としてそれぞれ出射する偏光子と、

前記第 7 及び第 8 の光のうち少なくとも一方の偏光方位を回転させ、互いに偏光方位のほぼ直交する第 9 及び第 10 の光としてそれぞれ出射する第 2 の偏光回転部と、

前記第 9 及び第 10 の光を合波して第 11 の光として出射する偏光合波素子とを有することを特徴とする光部品。

10

**【請求項 2】**

請求項 1 記載の光部品であって、

前記偏光子は、前記偏光合波素子で合波されない偏光成分を吸収することを特徴とする光部品。

**【請求項 3】**

請求項 1 又は 2 に記載の光部品であって、

前記第 11 の光の一部を分岐させる光学素子と、

分岐した前記第 11 の光の一部を受光して強度を検出する受光素子とをさらに有すること

20

を特徴とする光部品。

**【請求項 4】**

請求項 1 又は 2 に記載の光部品であって、

前記第 11 の光を受光して強度を検出する受光素子をさらに有することを特徴とする光部品。

**【請求項 5】**

外部から入射した光を互いに偏光方位のほぼ直交する第 1 及び第 2 の光に分離して互いに異なる光路上に出射する偏光分離素子と、

前記第 1 及び第 2 の光のうち少なくとも一方の偏光方位を回転させ、互いに偏光方位のほぼ一致した第 3 及び第 4 の光としてそれぞれ出射する偏光回転部と、

前記第 3 及び第 4 の光の偏光状態を可変に変換して第 5 及び第 6 の光としてそれぞれ出射する可変偏光素子と、

前記第 5 及び第 6 の光のうち所定の偏光成分をそれぞれ吸収し、第 7 及び第 8 の光としてそれぞれ出射する偏光子と、

前記第 7 及び第 8 の光を受光して強度を検出する受光素子と

を有することを特徴とする光部品。

30

**【請求項 6】**

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の光部品であって、

前記可変偏光素子は、前記第 3 及び第 4 の光の偏光方位を可変に回転させることを特徴とする光部品。

40

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、光通信システムに用いられる可変光減衰器、モニタ機能付き可変光減衰器、及び可変減衰器付き受光モジュールなどの光部品に関する。

**【背景技術】**

50

## 【0002】

光通信システムに用いられる光部品の1つとして、可変光減衰器（可変光アッテネータ）がある。可変光減衰器としては、印加する磁界の強度によりファラデー回転角を変化させて光の減衰量を制御するいわゆる磁気光学型可変光減衰器が知られている。磁気光学型可変光減衰器は、機械的な可動部がないため信頼性が高く、また小型化し易いという利点を有している。磁気光学型可変光減衰器は、磁気光学素子（磁気光学結晶）と、磁気光学素子に可変磁界を印加する電磁石とを有している。電磁石のコイルに流す電流量を変化させて磁気光学素子に印加する磁界の強度を制御することにより、磁気光学素子の磁化の強さを変化させてファラデー回転角を制御できるようになっている。

## 【0003】

可変光減衰器の主な使用目的は光量調整である。このため可変光減衰器は、光量をモニタする受光素子と組み合わせて用いられることが多い。図6は、特許文献1に開示された従来の可変光減衰器の構成を示している。図6に示すように、可変光減衰器120は、光ファイバ110aと、レンズ107aと、くさび型の複屈折結晶108aと、ファラデー回転子109と、くさび型の複屈折結晶108bと、レンズ107bと、光ファイバ110bとを有している。また、可変光減衰器120の出力側には、複屈折した2つの光ビームの一部を分岐する光カプラ100と、レンズ102と、複屈折した2つの光ビームの一方を通すアパーチャ104と、アパーチャ104を通過した光パワーをモニタする受光器106とが設けられている。可変光減衰器120の外部には、制御回路122が設けられている。制御回路122は、受光器106で光電変換された電気信号に基づいて、可変光減衰器120の出力パワーが所定の値になるように可変光減衰器120のコイルに流す電流量を制御するようになっている。これにより、可変光減衰器120への入力パワー変動を抑圧し、出力パワーを一定に保つようになっている。

## 【0004】

くさび型の複屈折結晶108bから出射される光は、角度（偏光方位）又は光路の異なる4つのビームからなる。その中の2つのビームは光ファイバ110bに結合し、残りの2つのビームは光ファイバ110bに結合しない減衰成分となる。出力パワーをモニタするためには、光ファイバ110bに結合する2つのビームのみを受光器106で受光する必要がある。このためには、図6に示すようにアパーチャ104を用いて不要なビームを除去するか、又は受光器106の受光面を小さくし、光ファイバ110bに結合する2つのビームのみを受光するように受光器106の光軸合わせを行う必要がある。

## 【0005】

しかしながら、アパーチャ104を用いると部品点数が増加するため可変光減衰器120の製造コストが増加するという問題がある。また、受光器106の光軸合わせは極めて困難であるという問題がある。以上のように、複屈折結晶108a、108bを偏光子として使用した可変光減衰器120等の光部品においては、受光器106を単に設けただけでは光ファイバ110bに結合しない不要な光も受光してしまうため、透過光量をモニタする機能を付加するのが困難であった。

## 【0006】

【特許文献1】特開平9-236784号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

本発明の目的は、光を可変に減衰させる可変光減衰機能と、光量をモニタするモニタ機能とを共に有する光部品を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

上記目的は、外部から入射した光を互いに偏光方位のほぼ直交する第1及び第2の光に分離して互いに異なる光路上に出射する偏光分離素子と、前記第1及び第2の光のうち少なくとも一方の偏光方位を回転させ、互いに偏光方位のほぼ一致した第3及び第4の光と

10

20

30

40

50

してそれぞれ出射する第 1 の偏光回転部と、前記第 3 及び第 4 の光の偏光状態を可変に変換して第 5 及び第 6 の光としてそれぞれ出射する可変偏光素子と、前記第 5 及び第 6 の光のうち所定の偏光成分をそれぞれ吸収し、第 7 及び第 8 の光としてそれぞれ出射する偏光子と、前記第 7 及び第 8 の光のうち少なくとも一方の偏光方位を回転させ、互いに偏光方位のほぼ直交する第 9 及び第 10 の光としてそれぞれ出射する第 2 の偏光回転部と、前記第 9 及び第 10 の光を合波して第 11 の光として出射する偏光合波素子とを有することを特徴とする光部品によって達成される。

【0009】

上記本発明の光部品であって、前記偏光子は、前記偏光合波素子で合波されない偏光成分を吸収することを特徴とする。

10

【0010】

上記本発明の光部品であって、前記第 11 の光の一部を分岐させる光学素子と、分岐した前記第 11 の光の一部を受光して強度を検出する受光素子とをさらに有することを特徴とする。

【0011】

上記本発明の光部品であって、前記第 11 の光を受光して強度を検出する受光素子をさらに有することを特徴とする。

【0012】

また、上記目的は、外部から入射した光を互いに偏光方位のほぼ直交する第 1 及び第 2 の光に分離して互いに異なる光路上に出射する偏光分離素子と、前記第 1 及び第 2 の光のうち少なくとも一方の偏光方位を回転させ、互いに偏光方位のほぼ一致した第 3 及び第 4 の光としてそれぞれ出射する偏光回転部と、前記第 3 及び第 4 の光の偏光状態を可変に変換して第 5 及び第 6 の光としてそれぞれ出射する可変偏光素子と、前記第 5 及び第 6 の光のうち所定の偏光成分をそれぞれ吸収し、第 7 及び第 8 の光としてそれぞれ出射する偏光子と、前記第 7 及び第 8 の光を受光して強度を検出する受光素子とを有することを特徴とする光部品によって達成される。

20

【0013】

上記本発明の光部品であって、前記可変偏光素子は、前記第 3 及び第 4 の光の偏光方位を可変に回転させることを特徴とする。

【発明の効果】

30

【0014】

本発明によれば、光を可変に減衰させる可変光減衰機能と、光量をモニタするモニタ機能とを共に有する光部品を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

〔第 1 の実施の形態〕

本発明の第 1 の実施の形態による光部品について図 1 乃至図 3 を用いて説明する。図 1 は、本実施の形態による光部品としてモニタ機能付きの可変光減衰器 1 の構成を模式的に示している。図 1 では、光の進行方向に Z 軸をとり、Z 軸に直交する面内で互いに直交する 2 方向に X 軸及び Y 軸をとっている。図 1 に示すように、可変光減衰器 1 は、- Z 方向側に配置された光ファイバ 4 1 と、+ Z 方向側に配置された光ファイバ 4 2 とに接続されている。光ファイバ 4 1 の - Z 側の端部は、外部から光が入射する光入射ポート P 1 (図では (1) と示している) になっている。光ファイバ 4 2 の + Z 側の端部は、外部に光が出射する光出射ポート P 2 (図では (2) と示している) になっている。

40

【0016】

光ファイバ 4 1 の + Z 方向には、光ファイバ 4 1 から出射した発散光を平行光に変換するレンズ 5 1 が配置されている。レンズ 5 1 の + Z 方向には、複屈折結晶板 (偏光分離素子) 1 1 が配置されている。複屈折結晶板 1 1 は、+ Z 方向に進む光の異常光成分を - Y 方向に所定の軸ずれ量だけ軸ずれさせるようになっている。複屈折結晶板 1 1 の + Z 方向には、2 枚の 1/2 波長板 (第 1 の偏光回転部) 2 6、2 7 が配置されている。1/2 波

50

長板 26、27 は ± Y 方向に互いに隣接して配置されている。1/2 波長板 26 は + Y 側に配置され、複屈折結晶板 11 を常光として透過した光の偏光方位を + 45° 回転させるようになっている。また、1/2 波長板 27 は - Y 側に配置され、複屈折結晶板 11 を異常光として透過した光の偏光方位を - 45° 回転させるようになっている。これにより 1/2 波長板 26 を透過した光の偏光方位と 1/2 波長板 27 を透過した光の偏光方位とが一致する。なお 1/2 波長板は、複屈折結晶板 11 を常光として透過した光の偏光方位と、複屈折結晶板 11 を異常光として透過した光の偏光方位とを一致させるように配置されていけばよい。したがって、例えば複屈折結晶板 11 を常光として透過した光の光路上に、偏光方位を + 90° 回転させる 1 枚の 1/2 波長板 26 が第 1 の偏光回転部として配置されていけば、複屈折結晶板 11 を異常光として透過した光の光路上に 1/2 波長板 27 を配置しなくてもよい。

10

## 【0017】

1/2 波長板 26、27 の + Z 方向には、光の偏光状態を可変に変換する可変偏光素子として、ファラデー回転子 20 が配置されている。ファラデー回転子 20 は、例えば LPE (液相エピタキシャル) 法により育成された Bi 置換希土類鉄ガーネット単結晶膜を研磨して作製されている。LPE 法により育成された単結晶膜は、通常、誘導磁気異方性による垂直磁化性を有する垂直磁化膜である。後述のように磁化を回転させてファラデー回転角を制御する磁化回転方式が用いられる場合のファラデー回転子 20 には、垂直磁化膜は適していない。このため、磁化回転方式を用いる場合には、ファラデー回転子 20 に用いられる Bi 置換希土類鉄ガーネット単結晶膜は、誘導磁気異方性を消失させるために 1000 前後の温度で数時間以上の熱処理が施されている。

20

## 【0018】

ファラデー回転子 20 には、不図示の磁界印加機構により可変磁界が印加されるようになっている。磁界印加機構は、例えば永久磁石 (又は半硬質磁石) と電磁石を有している。ファラデー回転子 20 は、永久磁石により例えば Z 方向に予め印加された垂直磁界によって飽和磁化の状態になっている。またファラデー回転子 20 には、電磁石により例えば X 方向に可変の水平磁界が印加されるようになっている。図 2 は、ファラデー回転子 20 内の磁化方向とその大きさ、及びファラデー回転子 20 に外部から印加される磁界の方向とその大きさを示している。矢印 82、85 はファラデー回転子 20 内の磁化方向とその大きさを表すベクトルであり、矢印 81、83、84 はファラデー回転子 20 に外部から印加される磁界の方向と大きさを表すベクトルである。電磁石のコイルに電流を流していない状態では、ファラデー回転子 20 は、永久磁石による垂直磁界 81 により一様に飽和磁化 82 の状態になっている。このときのファラデー回転子 20 のファラデー回転角 (飽和のファラデー回転角)  $f$  は、例えば 90° になっている。電磁石のコイルに電流を流し、電磁石により水平磁界 83 を印加すると、外部磁界は合成磁界 84 となりファラデー回転子 20 は磁化 85 の状態になる。この磁化 85 の大きさは飽和磁化 82 の大きさと同じであり、したがってファラデー回転子 20 は飽和磁化の状態にある。

30

## 【0019】

このように、永久磁石によりファラデー回転子 20 に垂直磁界 81 を予め印加してファラデー回転子 20 を飽和磁化の状態にしておき、所定の電流をコイルに流して電磁石によりファラデー回転子 20 に可変の水平磁界 83 を印加する。そして、2つの磁界 81、83 の合成磁界 84 によりファラデー回転子 20 の光透過領域の磁化の方向を磁化 82 から磁化 85 まで角度  $\theta$  だけ一様に回転させて磁化の Z 方向成分 86 の大きさを制御している。ファラデー回転子 20 のファラデー回転角  $f$  は、この Z 方向成分 86 の大きさに依存して  $0^\circ < f < 90^\circ$  の範囲で変化する。例えばファラデー回転角  $f$  が 90° の場合に減衰量が最小になるように各光学素子を配置すると、ファラデー回転角  $f$  が約 0° の場合に最大の減衰量が得られるようになる。ファラデー回転子 20 は常に飽和磁化領域で使用されるため、ヒステリシスが生じることがなく再現性良くファラデー回転角  $f$  を変化させることができる。なお、飽和のファラデー回転角は 90° に限らない。例えば、飽和のファラデー回転角を 105° とし、ファラデー回転角  $f$  が 105° のときに減衰量

40

50

が最小になるように各光学素子を配置して、ファラデー回転角  $f$  が  $15^\circ$  のときに最大の減衰量が得られるようにしてもよい。ファラデー回転角  $f$  を約  $0^\circ$  にするには電磁石により非常に強い水平磁界を印加する必要があるため、このように  $0^\circ$  より大きいファラデー回転角  $f$  で最大減衰量が得られるようにすることは消費電力の低減に有効である。

#### 【0020】

図1に戻り、ファラデー回転子20の+Z方向には、偏光ガラス(偏光子)34が配置されている。偏光ガラス34は、光入射ポートP1からの光のうち、光出射ポートP2に結合しない偏光成分の光を吸収するようになっている。偏光ガラス34の+Z方向には2枚の1/2波長板(第2の偏光回転部)28、29が配置され、1/2波長板28、29の+Z方向には複屈折結晶板(偏光合波素子)12が配置されている。1/2波長板28、29は±Y方向に互いに隣接して配置されている。1/2波長板28は+Y側に配置され、複屈折結晶板11を常光として透過した光が複屈折結晶板12に異常光として入射するように偏光方位を回転させるようになっている。また、1/2波長板29は-Y側に配置され、複屈折結晶板11を異常光として透過した光が複屈折結晶板12に常光として入射するように偏光方位を回転させるようになっている。複屈折結晶板12は、複屈折結晶板11と同様に+Z方向に進む光の異常光成分を-Y方向に軸ずれさせるように配置されている。複屈折結晶板11、12の軸ずれ量はほぼ同一である。なお、複屈折結晶板12の向きを調整すれば、1/2波長板28、29はどちらか一方のみでもよい。複屈折結晶板11、12、1/2波長板26、27、28、29、ファラデー回転子20、及び偏光ガラス34は例えば平行平板型の光学素子であり、XY面にほぼ平行な光入射面を有している。ここで、光学では「光入射面」を入射光線と境界面の法線とを含む面と定義する 10  
場合があるが、本明細書中の「光入射面」は、この定義ではなく、各光学素子において光が入射/出射する面のことを意味する。 20

#### 【0021】

複屈折結晶板12の+Z方向には、複屈折結晶板12から出射した平行光を収束光に変換して光ファイバ42に入射させるレンズ52が配置されている。複屈折結晶板12とレンズ52との間には、光の一部を分岐させる光学素子であるガラス板30が配置されている。ガラス板30は、例えばXY面を+X方向に見てX軸について時計回りに $45^\circ$ 回転させた面に平行に配置され、+Z方向に進む光の一部を+Y方向に反射させるようになっている。ガラス板30の+Y方向には、ガラス板30で反射した光を受光して強度を検出 30  
する受光素子32が配置されている。受光素子32で光の強度を検出することにより、可変光減衰器1を透過する透過光量をモニタできるようになっている。

#### 【0022】

なお、本例では磁化回転方式を用いた可変光減衰器1を例に挙げているが、磁壁移動方式等の他の方式を用いた可変光減衰器にも適用可能である。例えば磁壁移動方式を用いた可変光減衰器のファラデー回転子20は、垂直磁化性を備えた磁性ガーネット単結晶膜を用いて作製される。ファラデー回転子20には、光入射面内の所定方向に単調に変化する磁界が磁界印加機構により印加され、光入射面に平行でない方向の磁化により構成される磁区Aと、磁区Aの磁化方向と逆向きの磁化により構成される磁区Bと、磁区A及び磁区Bの境界となる平面状の磁壁Iとが形成される。磁界印加機構によりファラデー回転 40  
子20に印加する磁界を変化させて磁壁Iの位置を可変とすることによって、ファラデー回転角  $f$  を制御できるようになっている。磁壁移動方式を用いた可変光減衰器では、磁壁Iと複屈折板11、12の軸ずれ方向とが平行になるようにすれば、2つの光L3a、L3bに対するファラデー回転角  $f$  を同一にできるため、偏波無依存化が実現できる。

#### 【0023】

次に、本実施の形態による可変光減衰器1の動作について説明する。光入射ポートP1から入射した光は、光L1として複屈折結晶板11に入射する。複屈折結晶板11に入射した光L1は、常光L2aと異常光L2bとに分離して互いに異なる光路上に出射する。すなわち常光成分の光L2aは複屈折結晶板11を直進し、異常光成分の光L2bは複屈折結晶板11で-Y方向に所定の軸ずれ量だけ軸ずれする。複屈折結晶板11を出射した 50

光 L 2 a は 1 / 2 波長板 2 6 に入射し、光 L 2 b は 1 / 2 波長板 2 7 に入射する。1 / 2 波長板 2 6 に入射した光 L 2 a は、偏光方位が + 4 5 ° 回転した光 L 3 a として 1 / 2 波長板 2 6 を出射する。1 / 2 波長板 2 7 に入射した光 L 2 b は、偏光方位が - 4 5 ° 回転した光 L 3 b として 1 / 2 波長板 2 7 を出射する。これにより、2 つの光 L 3 a、L 3 b の偏光方位は互いに一致する。2 つの光 L 3 a、L 3 b は、ファラデー回転子 2 0 に入射する。ファラデー回転子 2 0 に入射した 2 つの光 L 3 a、L 3 b は、偏光方位が共に所定角度だけ回転した光 L 4 a、L 4 b としてファラデー回転子 2 0 からそれぞれ出射する。2 つの光 L 4 a、L 4 b は、偏光ガラス 3 4 に入射する。偏光ガラス 3 4 に入射した光 L 4 a、L 4 b は、光出射ポート P 2 に結合しない偏光成分が吸収されて減衰し、光 L 5 a、L 5 b として偏光ガラス 3 4 をそれぞれ出射する。偏光ガラス 3 4 の透過軸は、偏光ガラス 3 4 が設けられていないと仮定した場合に最小の減衰量となる状態での光 L 4 a、L 4 b の偏光方位にほぼ平行になっている。

10

#### 【 0 0 2 4 】

偏光ガラス 3 4 を出射した光 L 5 a は 1 / 2 波長板 2 8 に入射し、光 L 5 b は 1 / 2 波長板 2 9 に入射する。1 / 2 波長板 2 8 に入射した光 L 5 a は、偏光方位が + 4 5 ° 回転した光 L 6 a として 1 / 2 波長板 2 8 を出射し、複屈折結晶板 1 2 に入射する。1 / 2 波長板 2 9 に入射した光 L 5 b は、偏光方位が - 4 5 ° 回転した光 L 6 b として 1 / 2 波長板 2 9 を出射し、複屈折結晶板 1 2 に入射する。これにより、2 つの光 L 6 a、L 6 b の偏光方位は互いに直交する。光 L 6 a は複屈折結晶板 1 2 を異常光として透過し、光 L 6 b は複屈折結晶板 1 2 を常光として透過する。すなわち異常光成分の光 L 6 a は複屈折結晶板 1 2 で - Y 方向に所定の軸ずれ量だけ軸ずれし、常光成分の光 L 6 b は複屈折結晶板 1 2 を直進する。複屈折結晶板 1 1、1 2 の軸ずれ方向及び軸ずれ量は等しいため、2 つの光 L 6 a、L 6 b は合波して光 L 7 として複屈折結晶板 1 2 を出射する。ここで、複屈折結晶板 1 2 で合波されない偏光成分は偏光ガラス 3 4 により吸収されているため、1 / 2 波長板 2 8 を出射して複屈折結晶板 1 2 を常光として透過する偏光成分の光 L 6 a' と、1 / 2 波長板 2 9 を出射して複屈折結晶板 1 2 を異常光として透過する偏光成分の光 L 6 b' とはほとんど存在しないことになる。光 L 7 のうちの一部はガラス板 3 0 で反射して受光素子 3 2 に入射し、他はガラス板 3 0 を透過して光出射ポート P 2 に入射し外部に出射する。

20

#### 【 0 0 2 5 】

本実施の形態の可変光減衰器 1 では、磁界印加機構によりファラデー回転子 2 0 に印加する磁界を徐々に変化させ、光出射ポート P 2 に結合する偏光成分の大きさを変化させることにより、光の減衰量を連続的に変化させることができる。また、2 つの光の光路長は互いに等しくなっているため、偏波モード分散も生じない。

30

#### 【 0 0 2 6 】

また本実施の形態では、複屈折結晶板 1 2 で合波されない偏光成分（光出射ポート P 2 に結合しない偏光成分）は偏光ガラス 3 4 で吸収される。このため、複屈折結晶板 1 2 から出射する光はほぼ全て光出射ポート P 2 に結合するようになっているので、ガラス板 3 0 や受光素子 3 2 の光軸合わせが容易になり、可変光減衰器 1 の透過光量をモニタする機能を容易に付加できる。したがって、本実施の形態によれば、光を可変に減衰させる可変光減衰機能と、光量をモニタするモニタ機能とを共に有する光部品を実現できる。

40

#### 【 0 0 2 7 】

図 3 は、本実施の形態による磁気光学光部品の変形例として 2 段型の可変光減衰器 1' の構成を模式的に示している。図 3 では図 1 と同様に座標系をとっている。図 3 に示すように、可変光減衰器 1' は、複屈折結晶板 1 1 と、複屈折結晶板 1 1 の + Z 方向に配置された 2 枚の 1 / 2 波長板 2 6、2 7 とを有している。1 / 2 波長板 2 6 は複屈折結晶板 1 1 を常光として透過した光の偏光方位を + 4 5 ° 回転させ、1 / 2 波長板 2 7 は複屈折結晶板 1 1 を異常光として透過した光の偏光方位を - 4 5 ° 回転させるようになっている。これにより、1 / 2 波長板 2 6 を透過した光の偏光方位と 1 / 2 波長板 2 7 を透過した光の偏光方位とが一致する。1 / 2 波長板 2 6、2 7 の + Z 方向には、ファラデー回転子 2

50

0、偏光ガラス34、ファラデー回転子21、及び偏光ガラス35がこの順に配置されている。偏光ガラス34、35は、光入射ポートP1側からの光のうち、光出射ポートP2に結合しない偏光成分の光を吸収するようになっている。偏光ガラス35の+Z方向には2枚の1/2波長板28、29が配置され、1/2波長板28、29の+Z方向には複屈折結晶板12が配置されている。1/2波長板28は、偏光ガラス35を透過した光が複屈折結晶板12に異常光として入射するように偏光方位を回転させるようになっている。1/2波長板29は、偏光ガラス35を透過した光が複屈折結晶板12に常光として入射するように偏光方位を回転させるようになっている。複屈折結晶板12の+Z方向には、ガラス板30が配置されている。ガラス板30は、XY面を+X方向に見てX軸について時計回りに45°回転させた面に平行に配置され、+Z方向に進む光の一部を+Y方向に反射させるようになっている。ガラス板30の+Y方向には、ガラス板30で反射した光をモニタする受光素子32が配置されている。受光素子32で光の強度を検出することにより、可変光減衰器1'を透過する透過光量をモニタできるようになっている。

10

#### 【0028】

本変形例では、光出射ポートP2に結合しない光は偏光ガラス34、35で吸収される。したがって、図1に示す構成と同様に、複屈折結晶板12から出射する光はほぼ全て光出射ポートP2に結合するようになっているため、可変光減衰器1'の透過光量をモニタするのが容易になる。また、本変形例の可変光減衰器1'は、ファラデー回転子20、21が2枚用いられた2段型の構成を有している。したがって、図1に示す構成と比較して極めて高い減衰量が得られるため、可変光減衰器1'は光シャッタとしても機能する。

20

#### 【0029】

##### 〔第2の実施の形態〕

次に、本発明の第2の実施の形態による光部品について図4及び図5を用いて説明する。図4は、本実施の形態による光部品として可変減衰器付きの受光モジュール2の構成を示している。図4では図1と同様に座標系をとっている。図4に示すように、受光モジュール2は、-Z方向に配置された光ファイバ41に接続されている。光ファイバ41の-Z側の端部は、外部から光が入射する光入射ポートP1になっている。光ファイバ41の+Z方向には、光ファイバ41から出射した発散光を平行光に変換するレンズ51が配置されている。

#### 【0030】

受光モジュール2は、図1に示す可変光減衰器1と同様の配置の光学素子(複屈折結晶板11、1/2波長板26、27、ファラデー回転子20、偏光ガラス34、1/2波長板28、29、及び複屈折結晶板12)を有している。受光モジュール2は、第1の実施の形態の可変光減衰器1と同様に、磁化回転方式や磁壁移動方式等に適用可能である。複屈折結晶板12の+Z方向には、複屈折結晶板12を出射した光を例えば直接受光する受光素子32が配置されている。

30

#### 【0031】

次に、本実施の形態による受光モジュール2の動作について説明する。光入射ポートP1から入射した光は、光L11として複屈折結晶板11に入射する。複屈折結晶板11に入射した光L11は、常光L12aと異常光L12bとに分離して互いに異なる光路上に出射する。すなわち常光成分の光L12aは複屈折結晶板11を直進し、異常光成分の光L12bは複屈折結晶板11で-Y方向に所定の軸ずれ量だけ軸ずれする。複屈折結晶板11を出射した光L12aは1/2波長板26に入射し、光L12bは1/2波長板27に入射する。1/2波長板26に入射した光L12aは、偏光方位が+45°回転した光L13aとして1/2波長板26を出射する。1/2波長板27に入射した光L12bは、偏光方位が-45°回転した光L13bとして1/2波長板27を出射する。これにより、2つの光L13a、L13bの偏光方位は互いに一致する。2つの光L13a、L13bは、ファラデー回転子20に入射する。ファラデー回転子20に入射した光L13a、L13bは、偏光方位が共に所定角度だけ回転した光L14a、L14bとしてファラデー回転子20からそれぞれ出射する。2つの光L14a、L14bは、偏光ガラス34

40

50



に入射する。偏光ガラス34に入射した光L14a、L14bは、複屈折結晶板12で合波されない偏光成分が吸収されて減衰し、光L15a、L15bとして偏光ガラス34を出射する。偏光ガラス34の透過軸は、偏光ガラス34が設けられていないと仮定した場合に最小の減衰量となる状態での光L14a、L14bの偏光方位にほぼ平行になっている。

#### 【0032】

偏光ガラス34を出射した光L15aは1/2波長板28に入射し、光L15bは1/2波長板29に入射する。1/2波長板28に入射した光L15aは、偏光方位が+45°回転した光L16aとして1/2波長板28を出射し、複屈折結晶板12に入射する。1/2波長板29に入射した光L15bは、偏光方位が-45°回転した光L16bとして1/2波長板29を出射し、複屈折結晶板12に入射する。これにより、2つの光L16a、L16bの偏光方位は互いに直交する。光L16aは複屈折結晶板12を異常光として透過し、光L16bは複屈折結晶板12を常光として透過する。すなわち異常光成分の光L16aは複屈折結晶板12で-Y方向に所定の軸ずれ量だけ軸ずれし、常光成分の光L16bは複屈折結晶板12を直進する。複屈折結晶板11、12の軸ずれ方向及び軸ずれ量は等しいため、2つの光L16a、L16bは合波して光L17として複屈折結晶板12を出射する。ここで、複屈折結晶板12で合波されない偏光成分は偏光ガラス34により吸収されているため、1/2波長板28を出射して複屈折結晶板12を常光として透過する偏光成分の光L16a'と、1/2波長板29を出射して複屈折結晶板12を異常光として透過する偏光成分の光L16b'とはほとんど存在しないことになる。複屈折結晶板12を出射した光L17は受光素子32に直接入射する。

#### 【0033】

本実施の形態の受光モジュール2では、磁界印加機構によりファラデー回転子20に印加する磁界を徐々に変化させ、光出射ポートP2に結合する偏光成分の大きさを変化させることにより、光の減衰量を連続的に変化させることができる。また、2つの光の光路長は互いに等しくなっているため、偏波モード分散も生じない。

#### 【0034】

また本実施の形態では、第1の実施の形態と同様に、複屈折結晶板12で合波されない偏光成分は偏光ガラス34で吸収される。このため、受光素子32の光軸合わせが不要になり、可変減衰器付きの受光モジュール2を容易に実現できる。したがって、本実施の形態によれば、光を可変に減衰させる可変光減衰機能と、光量をモニタするモニタ機能とを共に有する光部品を実現できる。

#### 【0035】

図5は、本実施の形態による磁気光学光部品の変形例として可変減衰器付きの受光モジュール2'の構成を模式的に示している。図5では図1と同様に座標系をとっている。図5に示すように、受光モジュール2'は、図4に示す受光モジュール2と比較して、1/2波長板28、29、及び複屈折結晶板12を有さず、偏光ガラス34を出射した2つの光L15a、L15bを例えば直接受光する受光素子32'を有している。

#### 【0036】

本変形例では、2つの光L15a、L15bは互いに異なる光路上を進んでいるものの、既に所定の減衰量だけ強度が減衰している点を利用している。したがって、光L15a、L15bを共に受光可能な受光面を受光素子32'が備えていれば、図4に示す受光モジュール2より簡素な構成で、可変減衰器付きの受光モジュール2'を実現できる。

#### 【0037】

本発明は、上記実施の形態に限らず種々の変形が可能である。

例えば、上記実施の形態では、磁気光学結晶であるファラデー回転子20を可変偏光素子として用いた構成を例に挙げたが、本発明はこれに限らず、電気光学結晶や液晶素子等を可変偏光素子として用いることもできる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0038】

10

20

30

40

50

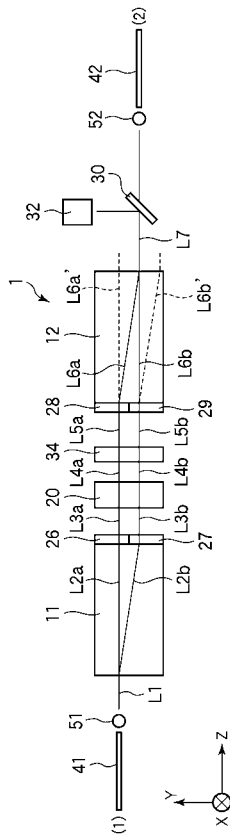
- 【図1】本発明の第1の実施の形態による光部品の構成を示す図である。
- 【図2】本発明の第1の実施の形態による光部品の可変偏光素子を説明する図である。
- 【図3】本発明の第1の実施の形態による光部品の構成の変形例を示す図である。
- 【図4】本発明の第2の実施の形態による光部品の構成を示す図である。
- 【図5】本発明の第2の実施の形態による光部品の構成の変形例を示す図である。
- 【図6】従来の可変光減衰器の構成を示す図である。

【符号の説明】

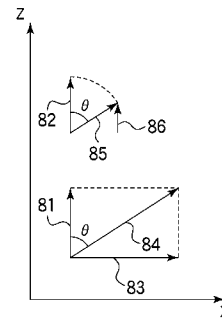
【0039】

- 1、1' 可変光減衰器
- 2、2' 受光モジュール
- 11、12 複屈折結晶板
- 20、21 ファラデー回転子
- 26、27、28、29 1/2波長板
- 30 ガラス板
- 32 受光素子
- 34、35 偏光ガラス
- 41、42 光ファイバ
- 51、52 レンズ

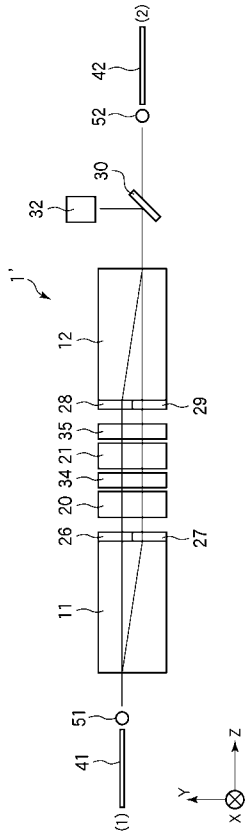
【図1】



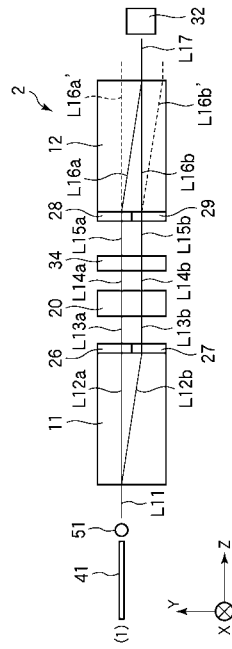
【図2】



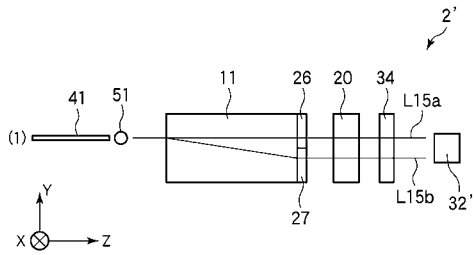
【 図 3 】



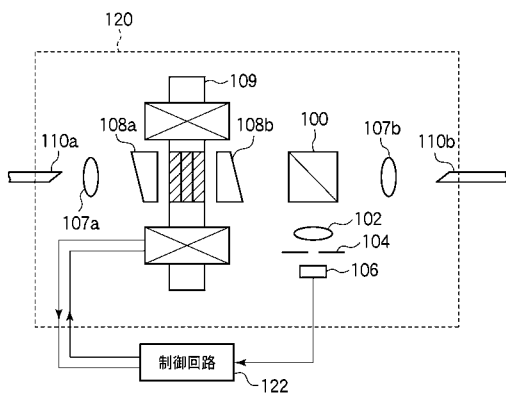
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

【要約の続き】